

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representation of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
  - TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
  - FADED TEXT
  - ILLEGIBLE TEXT
  - SKEWED/SLANTED IMAGES
  - COLORED PHOTOS
  - BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- 
- GRAY SCALE DOCUMENTS

## **IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY**

**As rescanning documents *will not* correct images, please do not report the images to the Image Problem Mailbox.**

**INK-JET HEAD**

Patent Number: ☐ EP0930165, A4  
Publication date: 1999-07-21  
Inventor(s): KANNO ISAKU (JP); FUJII SATORU (JP); KAMADA TAKESHI (JP); TAKAYAMA RYOICHI (JP)  
Applicant(s):: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD (JP)  
Requested Patent: ☐ JP10286953  
Application Number: EP19980912786 19980414  
Priority Number(s): WO1998JP01691 19980414; JP19970095491 19970414  
IPC Classification: B41J2/045  
EC Classification: B41J2/14D2, B41J2/16D2  
Equivalents: ☐ WO9846429

---

**Abstract**

---

There is provided an ink-jet head having ink outlets formed at a high density for use in an ink-jet recorder. The ink-jet head comprises ink outlets, compression chambers communicating with the ink outlets, and piezoelectric vibration sections, each being provided on a part of each of the compression chambers and including a piezoelectric film containing Pb, Ti and Zr, and electrodes provided on both sides of the piezoelectric film. The piezoelectric film comprises a first layer and a second layer which each have a perovskite structure and are formed in contact with each other, wherein the first layer is formed as a layer containing no Zr or as a layer containing a smaller amount of Zr than that contained

in the second layer. 

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-286953

(43)公開日 平成10年(1998)10月27日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

B 4 1 J 2/045  
2/055  
2/16

B 4 1 J 3/04

1 0 3 A  
1 0 3 H

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平9-95491

(22)出願日 平成9年(1997)4月14日

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 神野 伊策

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 藤井 覚

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 高山 良一

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74)代理人 弁理士 滝本 智之 (外1名)

最終頁に続く

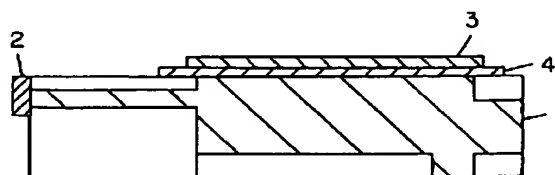
(54)【発明の名称】 インクジェット記録装置とその製造方法

(57)【要約】

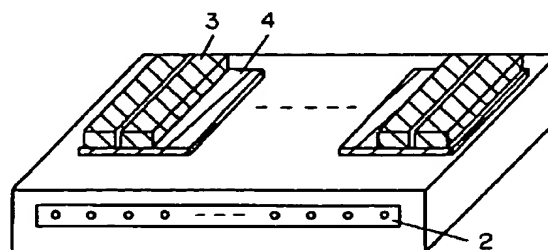
【課題】 インクジェット記録装置の解像度を向上させるために必要な多素子化を鉛系誘電体薄膜を用いた圧電素子を用いて実現した。薄膜形成プロセスを用いてPZT等の鉛系誘電体を高い圧電特性を維持したまま薄膜化するため、それらを微細加工することにより多素子化が容易に行うことができ、低電圧でインク吐出能力の良いインクジェット記録装置用圧電素子を形成することができる。

【解決手段】 rfスパッタ法により形成したPZT薄膜を用いた圧電素子3を有し、さらに薄膜状の振動板4を圧力室1の上壁に形成した。

(a)



(b)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 インク液体を吐出させて文字および図形を記録するインクジェット記録装置において、インクを吐出させる圧力印加手段を圧力室に形成した振動板と、その振動板を振動させるための、鉛を含有したペロブスカイト型誘電体薄膜で形成したものを圧電部材とする圧電素子を有することを特徴とするインクジェット記録装置。

【請求項2】 圧力室に面する振動板としては、ニッケル、クロム、またはアルミニウム、もしくはそれらの酸化物、シリコンまたはシリコン酸化物、または高分子有機物を用いることを特徴とする請求項1記載のインクジェット記録装置。

【請求項3】 圧電部材としては、鉛、チタンおよびジルコニウムを含有した厚み20 $\mu$ m以下のペロブスカイト型の酸化物薄膜であることを特徴とする請求項1または2記載のインクジェット記録装置。

【請求項4】 圧電部材の組成が、Zr/Ti比が30/70から70/30の範囲内である請求項3記載のインクジェット記録装置。

【請求項5】 圧電部材がPZT系強誘電体にニオブおよび錫を添加した反強誘電性の薄膜であることを特徴とする請求項3記載のインクジェット記録装置。

【請求項6】 圧電部材として、ジルコニウムの組成が異なるいくつかの層からなる多層構造、もしくはジルコニウムの組成が連続して変化する傾斜組成構造である請求項1～5のいずれかに記載のインクジェット記録装置。

【請求項7】 電圧を印加するための電極の少なくとも一部に白金もしくは金を用いることを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載のインクジェット記録装置。

【請求項8】 MgO基板上に電極を形成し、前記電極上に鉛系誘電体層を形成し、前記鉛系誘電体層上に更に第2の電極を形成し、前記第2の電極上に振動板を形成した後、前記MgO基板の全て、もしくは一部を除去し、前記振動板の上にインク液体を収容するための圧力室を形成するインクジェット記録装置の製造方法。

【請求項9】 鉛系誘電体をスパッタ法により形成することを特徴とする請求項8記載のインクジェット記録装置の製造方法。

【請求項10】 MgO基板のエッチング溶液として硝酸を用いる請求項8に記載のインクジェット記録装置の製造方法。

【請求項11】 MgO基板に変えて、シリコン、またはガラス基板を用いることを特徴とする請求項8に記載のインクジェット記録装置の製造方法。

【請求項12】 シリコン、またはガラス基板の除去を弗酸系溶液、もしくは水酸化カリウム溶液を用いたエッチングで行うことを特徴とする請求項11記載のインクジェット記録装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、インクジェット記録装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、パソコンなどの印刷装置としてインクジェット記録装置を用いたプリンタが印字性能がよく取り扱いが簡単、低コストなどの理由から広く普及している。このインクジェット記録装置には、熱エネルギーによってインク中に気泡を発生させ、その気泡による圧力波によりインク滴を吐出させるもの、静電力によりインク滴を吸引吐出させるもの、圧電素子のような振動子による圧力波を利用したもの等、種々の方式がある。

【0003】一般に、圧電素子を用いたものは、例えば、インク吐出口に連通したインク供給室と、そのインク供給室に連通した圧力室と、その圧力室に設けられ、圧電素子が接合された振動板等により構成されている。従来、インクの吐出方向と圧電素子の振動方向は同方向である。このような構成において、圧電素子に所定の電圧を印加すると、圧電素子が伸縮することによって、圧電素子と振動板が太鼓状の振動を起こして圧力室内のインクが圧縮され、それによりインク吐出口からインク液滴が吐出する。現在カラーのインクジェット記録装置が普及してきたが、その印字性能の向上、特に高解像度化および高速印字が求められている。そのためインクヘッドの微細化しマルチノズルヘッド構造を用いて高解像度および高速印字を実現する事が試みられている。インクヘッドの微細化には、インクを供給するための圧電素子の小型化が強く求められている。圧電素子の小型化のためには圧電体の厚みを薄くして、振動板を利用してたわみ振動を発生させインクを吐出させる方法が構成上可能である。しかし、電圧に対する圧電体自身の変位量は非常に小さく、そのため圧電素子を小型化すると圧電性の低下から十分な応力や振動が発生せずインクを吐出することができない。そこで、小型、マルチノズルヘッドを有した高解像度、高速プリンタを実現するためには薄い膜厚においても十分な圧電性を有する圧電薄膜材料を開発し、その製造方法を確立することが必要がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述のように厚みの薄い圧電体を用いて、十分なインクの吐出に必要な特性を有する小型の圧電素子およびインクヘッドをこれまで実現することができなかった。特に、従来から用いてきた焼結体の圧電材料では、素子を切削等の機械的な加工により小型化してきたが、機械的加工では小型化に限界がある上、圧電特性の劣化を招き、小型化と高解像度を両立させる事は困難であった。

【0005】本発明は、従来のこのようなインクジェット記録装置における圧電素子の課題を解決するもので、圧電素子を構成する圧電体や振動板等を薄膜化すること

で半導体プロセスで一般に用いられている微細加工が可能な形状とし、更に膜厚が薄くても大きな圧電特性を有する薄膜材料を開発し、ノズルの構造が2000dpiの多素子化を実現する構成、かつその製造方法を提供する事を目的とするものである。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するため、本発明にかかるインクジェット記録装置は、インクを吐出させる圧力印加手段を圧力室に形成した振動板と、その振動板を振動させるための、鉛を含有したペロプスカイト型誘電体薄膜で形成したものを圧電部材とする圧電素子を有することを特徴とし、多素子化を容易に実現できる構成としたものである。

【0007】この時、前記圧力室に面する振動板としては、ニッケル、クロム、またはアルミニウム金属、もしくは金属の酸化物、またはシリコンの酸化物、または高分子有機物を用い、圧電部材としては、鉛、チタンおよびジルコニウムを含有した厚み20 $\mu$ m以下のペロプスカイト型の酸化物薄膜であり、電圧を印加するための電極の少なくとも一部に白金もしくは金を用いる事が好ましい。

【0008】更に、圧電部材として、ジルコニウムの組成が異なるいくつかの層からなる多層構造、もしくはジルコニウムの組成が連続して変化する傾斜組成構造である方がよい。

【0009】本発明にかかるインクジェット記録装置の製造方法として、MgO基板上に電極を形成し、その電極上に鉛を含有した酸化物誘電体である鉛系誘電体層を形成する。その鉛系誘電体層上に更に電極を形成し鉛系誘電体層の厚み方向に電圧を印加している構成とする。更にその電極上に金属、酸化物、もしくは高分子有機物からなる材料を振動板としてスパッタリング、真空蒸着、メッキもしくはスピコート法により形成する。次に、前記MgO基板の全て、もしくは一部をエッチング除去、および振動板の上にインク液体を収容するための圧力室を樹脂もしくはガラスにより形成し、前記圧力室に圧力を印加するための圧力印加手段を作製することにより多素子化を実現したインクジェット記録装置の製造方法である。

【0010】更に、MgO基板上に形成する電極として白金もしくはルテニウム酸化物を用い、鉛系誘電体としては膜厚20 $\mu$ m以下のPZT系強誘電体をスパッタ法により形成し、かつ $Zr/Ti$ 比が30/70から70/30の範囲内の薄膜、もしくはPZT系強誘電体にニオブおよび錫を添加した反強誘電性の薄膜であり、また振動板としてはニッケル、アルミニウム、アルミナ、酸化シリコン、またはポリイミド系樹脂を用い、更にMgO基板のエッチング溶液として硝酸を用いた製造方法が好ましい。

【0011】更に本発明にかかるインクジェット記録装

置の製造方法として、シリコン、またはガラス基板上に電極を形成し、その電極上に鉛系誘電体から成る層を形成する。その鉛系誘電体層上に更に電極を形成し、その電極上に金属、酸化物、もしくは高分子有機物からなる材料を振動板としてスパッタリング、真空蒸着、メッキ、もしくはスピコーティングにより形成する。次に、振動板の上にインク液体を収容するための圧力室を樹脂もしくはガラスにより形成、および前記シリコンもしくはガラス基板のすべて、もしくは一部を弗酸系溶液、もしくは水酸化カリウム溶液を用いてエッチングを行い除去することにより前記圧力室に圧力を印加するための圧力印加手段を作製することを特徴とするインクジェット記録装置の製造方法である。

【0012】また、本発明にかかるインクジェット記録装置の製造方法として、シリコン、またはガラス基板上に金属、酸化物、窒化物もしくは高分子有機物からなる材料を振動板として形成し、その上に電極を形成し、更にその電極上に鉛系誘電体を形成し、その鉛系誘電体層上に更に電極を形成する。更に前記シリコン、またはガラス基板の一部を弗酸系溶液、もしくは水酸化カリウム溶液を用いてエッチングを行い、前記シリコン、またはガラス基板を用いてインク液体を収容するための圧力室を形成することを特徴とするインクジェット記録装置の製造方法である。

【0013】更にシリコン、またはガラス基板上に形成する電極として白金もしくはルテニウム酸化物を用い、鉛系誘電体としては膜厚20 $\mu$ m以下のPZT系強誘電体をスパッタ法により形成し、かつ $Zr/Ti$ 比が30/70から70/30の範囲内のもの、もしくはPZT系強誘電体にニオブおよび錫を添加した反強誘電性の薄膜である製造方法が好ましい。

#### 【0014】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施の形態について図面をもちいて説明する。

【0015】(第1の実施の形態)図1(a)は、本発明にかかる第1の実施の形態のインクジェット記録装置におけるノズルヘッドを横から見た断面図、(b)はその概観図である。

【0016】図1において、本実施の形態のノズルヘッドは、インクを収容する圧力室1、インクを吐出する吐出口2、その吐出口2に連通し圧力室1に圧力を印加するための圧電素子3、及びその圧電素子3で振動する振動板4から構成されている。尚、図1は断面図であり、圧力室1は隔壁により分離された複数個が、この断面と垂直方向に並んだ構成になっており、吐出口2、圧電素子3も圧力室1と同数が同様に並んでいる。

【0017】圧力室1は、感光性有機高分子材料、感光性ガラスおよびシリコンなどにより構成されている。圧力室1の上部は振動板4により形成されている。振動板4は $SiO_2$ 層により構成されている。振動板4の上には圧

電素子3が形成され、この圧電素子3には、図示していないが上下に電極が配されている。

【0018】ここで、本実施の形態では、圧電素子3を形成する圧電体として鉛を含有したペロブスカイト型誘電体薄膜がその優れた圧電性から効果的であり、膜厚が $20\mu\text{m}$ 以下の厚みにおいても十分な圧電特性を有していた。また圧電体の厚みを $20\mu\text{m}$ 以下とする事により、圧電体を薄膜プロセスにより形成できる事に加え、また微細加工も行えることから圧電素子3の大きさも約 $10\mu\text{m}$ 程度の幅でも加工できた。そのため図1(b)の様にノズルを約 $10\mu\text{m}$ の幅で1列に配置することが可能で、印字解像度を向上し、更に印字速度を向上させることができる。

【0019】図2は圧電素子3の構成を詳しく示した図である。圧力室1に面する振動板4として、振動部分の厚みが $2\mu\text{m}$ の $\text{SiO}_2$ 層、圧電体5として $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.5}\text{Ti}_{0.5})\text{O}_3$ の組成式で示される厚み $3\mu\text{m}$ のPZT薄膜を用いた。圧電体5の上下には厚み $0.1\mu\text{m}$ の白金から成る電極6および7が形成されている。圧電体5の厚みは薄いほど微細加工が容易となり、また駆動電圧も低くすることが可能で、シリコンの振動板4の厚みも $2\mu\text{m}$ とたわみやすい厚みとしたことで $50\text{V}$ 以下の電圧においても良好なたわみ振動を発生させることができた。また、PZT薄膜の微細加工では弗酸や硝酸など強酸性の溶液を用いるが、電極6または7として白金もしくは金を用いることにより電極材料が腐食することを防止し、素子化を安定に行うことができた。この振動板4の材料としては、 $\text{SiO}_2$ のほかにニッケル、クロム、アルミニウムなどの金属を蒸着、もしくはメッキにより形成したものでも振動中に亀裂が生じるなどの劣化はなく、インクを吐出するのに十分な振動を発生することができた。振動板4の材料としてこれらの金属の酸化物でも同様の振動特性を得ることができた。振動板4としてはポリイミドなどの有機高分子材料でも同様の振動効果を得ることが可能で、感光性ポリイミドを用いることにより素子化を容易に進めることができた。

【0020】圧電体5の材料として、鉛、チタン、ジルコニウムから構成された酸化物であるペロブスカイト型PZT薄膜材料を用いることにより、低電圧でも良好な振動を発生させることができた。またこのPZT薄膜の組成は、 $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.53}\text{Ti}_{0.47})\text{O}_3$ の場合に最大の圧電性を示すとされているが、この組成の薄膜を直接基板上に形成することは容易ではない。そのため第1層としてZrの含有していない $\text{PbTiO}_3$ や $\text{PbTiO}_3$ にランタンを添加したPLTを形成し、第2層として $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.53}\text{Ti}_{0.47})\text{O}_3$ の組成の2層構造とした場合、高品質圧電薄膜を形成しやすく、更に良好な圧電特性を得ることができた。図3に多層構造圧電体の断面構造を示す。第1層として膜厚 $0.1\mu\text{m}$ の $\text{PbTiO}_3$ 層8、第2層として膜厚 $2.9\mu\text{m}$ の $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.53}\text{Ti}_{0.47})\text{O}_3$ の組成を有するPZT層9とした。この

2層構造の圧電体5を用いることにより、低電圧においても十分なインク吐出能力を有するインクジェット記録装置を作ることができた。また、この様な多層構造とせずに、 $\text{PbTiO}_3$ から $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.5}\text{Ti}_{0.5})\text{O}_3$ 付近の組成へと連続に組成傾斜をしている層から成る圧電体5でも同様の効果が得られた。

【0021】(第2の実施の形態)図4は、本発明の第2の実施の形態における圧電素子及び圧力室の製造方法を説明する図である。

【0022】図4において、まず、 $\text{MgO}$ 基板10の(100)面上に個別電極11となるPt層を形成し、その個別電極11の上に圧電材料として鉛系誘電体層12をrfスパッタリングにより形成した。この鉛系誘電体層12としては、膜厚 $3\mu\text{m}$ のPZT系のc軸方向に配向した単結晶層であればよい圧電性を得ることができた。鉛系誘電体層12の形成法としてrfスパッタ法を用いることにより、(100) $\text{MgO}$ 基板10上にc軸方向に配向した結晶性の良いPZT薄膜を形成することができた。また $\text{MgO}$ 基板10の表面にはPtの個別電極11があるが、その表面に直接PZTを堆積させず第1層としてZrの含有していない $\text{PbTiO}_3$ 層を厚み約 $0.01\mu\text{m}$ と非常に薄く形成しておくことで、単結晶のPZT薄膜が形成することが可能となった。鉛系誘電体層12の形成方法としてrfスパッタ法その他、MOCVDもしくはゾルゲル溶液を用いたスピコート法においても良好な結晶性を有する圧電性薄膜を形成することができた。次にその鉛系誘電体層12の上に共通電極13となるPt層を形成する。その共通電極13の上に $\text{SiO}_2$ からなる材料で振動板4をスパッタリング法により形成した。この振動板4は個別電極11と対応する鉛系強誘電体層12が振動し、この振動が振動板4により増幅される。この個別電極11の下振動板の厚みが $2\mu\text{m}$ の時、良好な振動特性が得られた。次に振動板4の上に圧力室1の構造体を感光性樹脂14などにより形成し、最後に $\text{MgO}$ 基板10を酸性溶液でエッチング除去する。個別電極11は鉛系誘電体層12の形成前、もしくは $\text{MgO}$ 基板10をエッチング除去した後にパターンニングする。鉛系誘電体層12は、共通電極13を形成する前にパターンニングする。もしくは共通電極13を形成し、 $\text{MgO}$ 基板10をエッチング後に、各圧力室1に対応した分割された形状となるように強酸性溶液を用いてパターンニングした。本発明におけるインクヘッド形成法を図5に示す。(a)は個別電極11をはじめに電極パターンを形成する方法で、(b)は工程の終盤で $\text{MgO}$ 基板10をエッチング除去した後個別電極11のパターン形成を行う方法である。

【0023】本実施の形態に示した製造方法によれば圧電特性の良い薄膜材料を形成することができ、更に半導体の微細加工技術を応用し多素子化が可能となる。図6に上記の方法で製作したインクジェット記録装置のノズ

ルヘッドを正面から見た図を示す。作製したヘッドは、ノズルが2000dpiの密度で形成されたヘッドである。

【0024】この構成のインクジェット記録装置の製造において、MgO基板10上の個別電極11として白金もしくはルテニウム酸化物を用いることにより、ペロブスカイト構造を有する鉛系誘電体層12を結晶性よく形成することができた。結晶性を改善することにより圧電特性を向上させることができ、多素子化した場合でもインク吐出能力の素子間のばらつきを少なくすることができた。また圧電材料として用いる鉛系誘電体層12としては、Zr/Ti比が30/70~70/30の範囲内にあるPZT層であれば、更に良好な圧電特性を有していた。Zr/Ti比が50/50のPZT薄膜を鉛系誘電体層12とし、各圧力室1に対応して幅10 $\mu$ m、長さ1mmの大きさにパターンニングしたものに対して、印加電圧と振動板4の最大たわみ量の関係を図7に示す。図より印加電圧を増加すると振動板がたわみ30Vの電圧に対して約2 $\mu$ mの変位を発生させることができた。この良好な圧電特性を利用して、インク吐出能力の高いインクジェット記録装置とすることができた。このほか、鉛系誘電体層12として $Pb_{0.99}Nb_{0.02}\{(Zr_{0.6}Sn_{0.4})_{1-y}Ti_y\}_{0.98}O_3$  ( $0.060 \leq y \leq 0.065$ )の組成を有する反強誘電体の薄膜を用いた場合について、印加電圧と振動板4の最大変位との関係を図8に示す。この場合、15Vの電圧で、反強誘電体から強誘電体への相転移が起こるため不連続な変位特性を示し、20Vで約0.8 $\mu$ mの変位が発生した。このことは、ある電圧以上を印加した場合はほぼ一定の変位を発生させることができ、インク吐出量のばらつきを少なくする事ができた。更に $Pb_{0.99}Nb_{0.02}\{(Zr_{0.6}Sn_{0.4})_{1-y}Ti_y\}_{0.98}O_3$  ( $0.060 \leq y \leq 0.065$ )の組成を有する反強誘電体薄膜では、多結晶質の薄膜でも安定なインク吐出能力を有する圧電素子とすることができた。

【0025】更に振動板4はスパッタ法などの薄膜プロセスを用いることにより微細加工が容易となる。その材料として、酸化シリコンSiO<sub>2</sub>の他、ニッケル、アルミニウムなどの金属もスパッタ法、真空蒸着およびメッキ法により容易に形成することができ、SiO<sub>2</sub>と同様良好な振動特性を得ることができた。またアルミナでもSiO<sub>2</sub>と同様の効果を得ることができ、スパッタリング法により容易に形成できた。この他、ポリイミド系の樹脂はスピンコート法により容易に形成でき、またその微細加工も容易であり、インクジェット記録装置の振動板として適した材料であった。スパッタリングなどの薄膜プロセスによって得られた鉛系誘電体層12は、MgO基板10上に形成するが、最終的に酸性溶液により除去する。この酸性溶液として燐酸溶液を用いることでMgOを安定に溶解することができ、かつ圧電体にダメージを与えることなくインクジェット記録装置を作製することができ

た。

【0026】(第3の実施の形態)図9は、本発明の第3の実施の形態における圧電素子及び圧力室の製造方法を説明する図である。

【0027】図9において、まず、シリコン基板15上に個別電極11となるPt層を形成し、その個別電極11の上に圧電材料として鉛系誘電体層12をスパッタ法により形成した。この鉛系誘電体層12としては、厚みが3 $\mu$ mのPZT系の多結晶層であればよい圧電性を得ることができた。鉛系誘電体層12の形成法としてMOCVDもしくはゾルゲル溶液を用いたスピンコートにおいても良好な結晶性を有する圧電性薄膜を形成することができた。次にその鉛系誘電体層12の上に共通電極13となるPt層を形成する。その共通電極13の上にSiO<sub>2</sub>からなる材料で振動板4をスパッタ法により形成した。次に振動板4の上に圧力室1の構造体を感光性樹脂14により形成し、最後にシリコン基板15を弗酸系溶液、もしくは水酸化カリウム溶液でエッチング除去する。圧力室1は感光性ガラスもしくは感光性樹脂などにより分割形成され多素子化している。個別電極11は鉛系誘電体層12の形成前、もしくはシリコン基板15をエッチングした後にパターンニングする。また鉛系誘電体層12は、共通電極13を形成する前にパターンニングする。もしくはシリコン基板15をエッチング除去した後に、各圧力室1に分割した形状となるようにパターンニングした。本実施例の製造方法の一例を図10に示す。本実施の形態に示した製造方法によればMgO基板6より安価に、かつ大きな面積を有した単結晶基板が入手しやすいシリコン基板15を用いることができ、インクジェット用圧電素子を一度に多数形成することが可能で、更に圧電特性の良い薄膜材料を形成することができた。またこれまで確立されてきたシリコンの微細加工技術を応用し非常に高精度な微細加工から作り出される多素子化も容易となる。上記の方法で作製したインクジェットのヘッドは、図6と同様の構成が可能でノズルが2000dpiの密度まで形成できた。

【0028】この構成のインクジェット記録装置の製造において、シリコン基板15を用いる他、ガラス基板を用いても同様の多素子構成のインクジェット記録装置が作製できた。この場合弗酸系の溶液を用いてガラス基板をエッチングする事により、図5と同様の構成を有する多素子化したインクジェット記録装置を形成することができた。

【0029】上の個別電極11として白金以外に、ルテニウム酸化物を用いることにより、ペロブスカイト構造を有する鉛系誘電体層12を結晶性よく形成することができた。このため圧電体として良好な特性を有することができ、多素子化した場合でもインク吐出能力の素子間のばらつきの少ないインクジェット記録装置が作成できた。また圧電材料として用いる鉛系誘電体層12として

は、 $Zr/Ti$ 比が30/70~70/30の範囲内にあるPZT層であれば、更に良好な圧電特性を有し、インク吐出能力の高いインクジェット記録装置とすることができた。また、鉛系誘電体層12として  $Pb_{0.99}Nb_{0.02}[(Zr_{0.6}Sn_{0.4})_{1-y}Ti_y]_{0.98}O_3$  ( $0.060 \leq y \leq 0.065$ ) の組成を有する反強誘電体の薄膜を用いた場合、電圧印加に対して安定した応答が得ることができ、インク吐出量のばらつきを少なくする事ができた。

【0030】更に振動板4の材料として、酸化シリコン  $SiO_2$  の他、ニッケル、アルミニウムなどの金属もスパッタリング、真空蒸着およびメッキ法により容易に形成することができ、 $SiO_2$  と同様良好な振動特性を得ることができた。またアルミナ等の酸化物でも  $SiO_2$  と同様の効果を得ることができ、スパッタリング法により容易に形成できた。この他、ポリイミド系の樹脂などの高分子有機物はスピンコート法により容易に形成でき、またその加工も容易であり、インクジェット記録装置の振動板として適した材料であった。

【0031】(第4の実施の形態) 図11は、本発明の第4の実施の形態における圧電素子及び圧力室の製造方法を説明する図である。

【0032】図11において、まず、シリコン基板15上に膜厚2 $\mu m$ の $SiO_2$ からなる振動板4をスパッタ法を用いて形成する。更にその上に共通電極13となるPt層を形成する。個別電極13の上に圧電材料として鉛系誘電体層12をrfスパッタ法により形成した。この鉛系誘電体層12としては、厚みが3 $\mu m$ のPZT系の多結晶層であればよい圧電特性を得ることができた。鉛系誘電体層12の形成法としてMOCVDもしくはゾルゲル溶液を用いたスピンコートにおいても良好な結晶性を有する圧電性薄膜を形成することができた。次にその鉛系誘電体層12の上に個別電極11となるPt層を形成する。この個別電極11はイオンエッチングによって微細加工し、各圧力室1に対応した箇所に分離した形状となるようにした。なお、振動板4が絶縁物である場合、個別電極11を振動板4上に形成し、共通電極13を鉛系誘電体層4上に形成しても良い。次にシリコン基板15を弗酸系溶液、もしくは水酸化カリウム溶液で部分的にエッチング除去し、シリコン基板15の一部を圧力室1の構造部材として用いた。鉛系誘電体層12は、共通電極13を形成する前に、各圧力室1に対応し分割された形状となるようにパターンニングした。本実施の形態に示した製造方法の一例を図12に示す。この方法では圧力室1の形成を圧電素子を形成する基板の一部を用いて作製するため、工程が簡略化でき、かつシリコンの微細加工技術を用いることにより微細な素子化も可能になる。上記の方法で作成したインクジェットのヘッドは、図6と同様の構成が可能でノズルが2000dpiの密度まで形成できた。

【0033】この構成のインクジェット記録装置の製造

において、シリコン基板15を用いる他、更に安価なガラス基板を用いても同様の多素子構成のインクジェット記録装置が作製できた。この場合弗酸系の溶液を用いてガラス基板13をエッチングする事により、図6と同様の構成を有する多素子化したインクジェット記録装置を形成することができた。

【0034】上の個別電極11として白金以外に、ルテニウム酸化物を用いることにより、ペロブスカイト構造を有する鉛系誘電体層12を結晶性よく形成することができた。このため圧電体として良好な特性を有することができ、多素子化した場合でもインク吐出能力の素子間のばらつきの少ないインクジェット記録装置が作成できた。また圧電材料として用いる鉛系誘電体層12としては、 $Zr/Ti$ 比が30/70~70/30の範囲内にあるPZT層であれば、更に良好な圧電特性を有し、インク吐出能力の高いインクジェット記録装置とすることができた。また、鉛系誘電体層12として  $Pb_{0.99}Nb_{0.02}[(Zr_{0.6}Sn_{0.4})_{1-y}Ti_y]_{0.98}O_3$  ( $0.060 \leq y \leq 0.065$ ) の組成を有する反強誘電体の薄膜を用いた場合、電圧印加に対して安定した応答が得ることができ、インク吐出量のばらつきを少なくする事ができた。また  $Pb_{0.99}Nb_{0.02}[(Zr_{0.6}Sn_{0.4})_{1-y}Ti_y]_{0.98}O_3$  ( $0.060 \leq y \leq 0.065$ ) の組成を有する反強誘電体薄膜では、多結晶質の薄膜でも安定なインク吐出能力を有する圧電素子とすることができた。

【0035】更に振動板4の材料として、酸化シリコン  $SiO_2$  の他、ニッケル、アルミニウムなどの金属もスパッタリング、真空蒸着およびメッキ法により容易に形成することができ、 $SiO_2$  と同様良好な振動特性を得ることができた。またアルミナでも  $SiO_2$  と同様の効果を得ることができ、スパッタリング法により容易に形成できた。この他、ポリイミド系の樹脂はスピンコート法により容易に形成でき、またその加工も容易であり、インクジェット記録装置の振動板として適した材料であった。

【0036】

【発明の効果】以上説明したように本発明は、インクジェット記録装置の解像度を向上させるため、薄膜形成プロセスを用いてPZT等の鉛系誘電体層を高い圧電特性を維持したまま薄膜化し、それらを微細加工することにより低電圧でインク吐出能力の良いインクジェット記録装置用圧電素子を形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例におけるインクジェット記録装置のヘッドを横から見た断面を示す図、およびヘッドの概観図

【図2】本発明の一実施例におけるインクジェット記録装置のヘッドの断面を拡大した図

【図3】本発明の一実施例におけるインクジェット記録装置の圧電素子の構成を示す図

【図4】本発明の一実施例におけるインクジェット記録



装置の圧電素子及び圧力室の製造方法を示す図

【図5】本発明の一実施例におけるインクジェット記録装置の製造工程を示す図

【図6】本発明の一実施例におけるインクジェット記録装置の製造方法により製造したノズルヘッドを正面から見た図

【図7】本発明の一実施例におけるインクジェット記録装置の圧電素子における印加電圧と振動板の最大変位量の関係を示す図

【図8】本発明の一実施例におけるインクジェット記録装置の圧電素子における印加電圧と振動板の最大変位量の関係を示す図

【図9】本発明の一実施例におけるインクジェット記録装置の製造方法を示す図

【図10】本発明の一実施例におけるインクジェット記録装置の製造工程を示す図

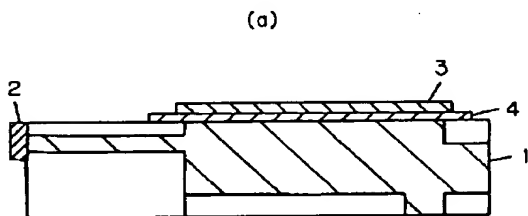
【図11】本発明の一実施例におけるインクジェット記録装置の製造方法を示す図

【図12】本発明の一実施例におけるインクジェット記録装置の製造工程を示す図

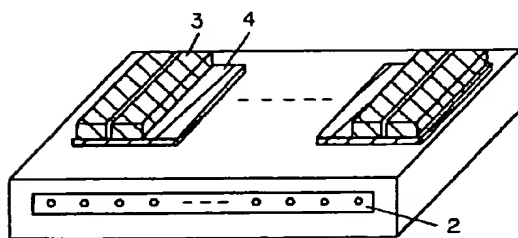
【符号の説明】

- 1 圧力室
- 2 吐出口
- 3 圧電素子
- 4 振動板
- 5 鉛系誘電体層
- 6 共通電極
- 7 個別電極
- 8  $\text{PbTiO}_3$
- 9 PZT
- 10 MgO基板
- 11 個別電極
- 12 鉛系誘電体層
- 13 共通電極
- 14 感光性樹脂
- 15 シリコン基板

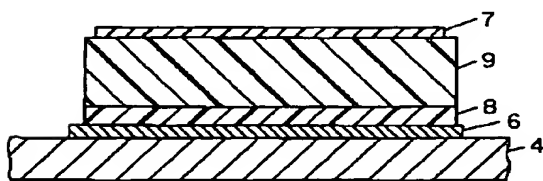
【図1】



(b)

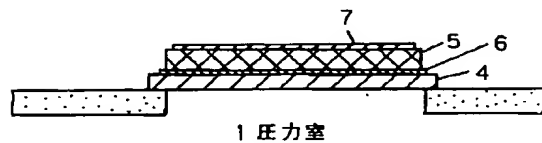


【図3】

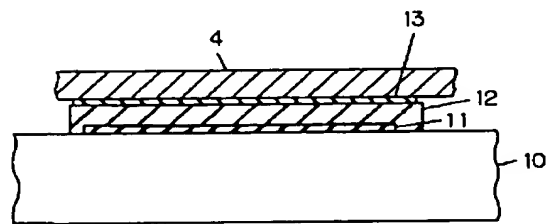


1 圧力室

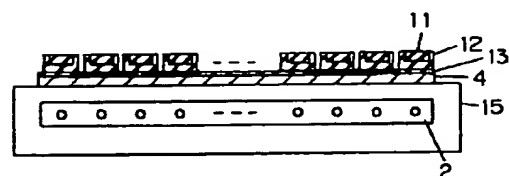
【図2】



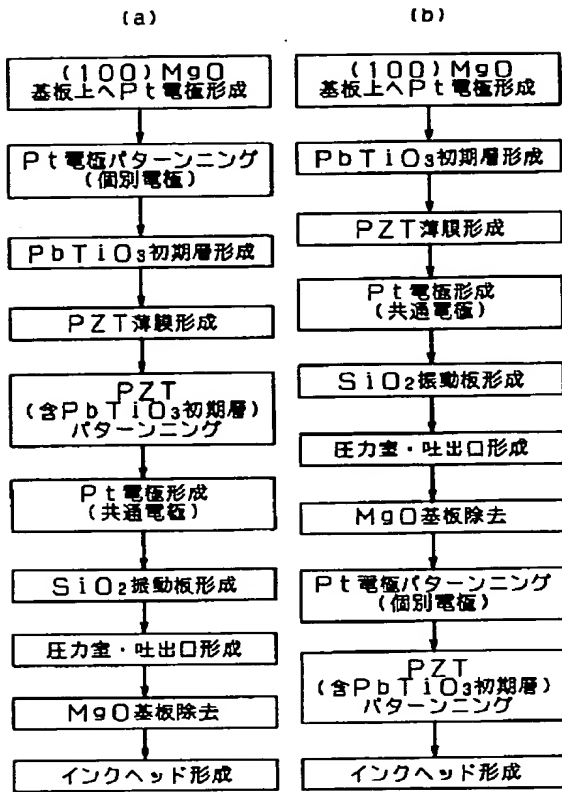
【図4】



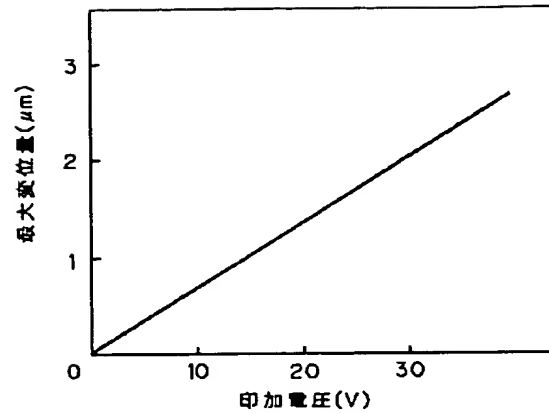
【図6】



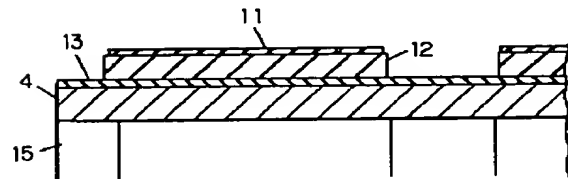
【図5】



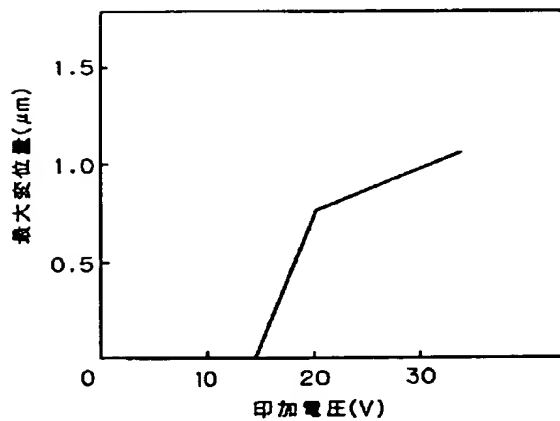
【図7】



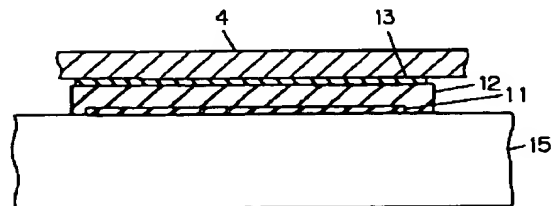
【図11】



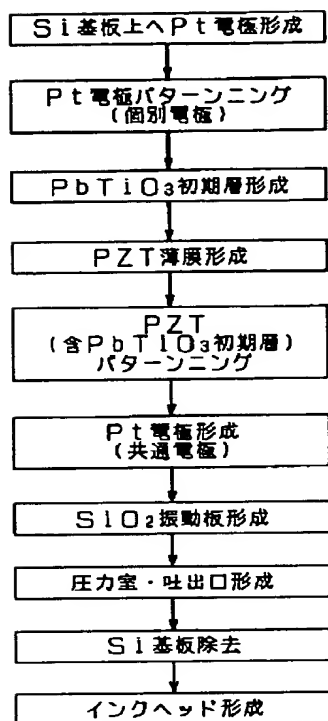
【図8】



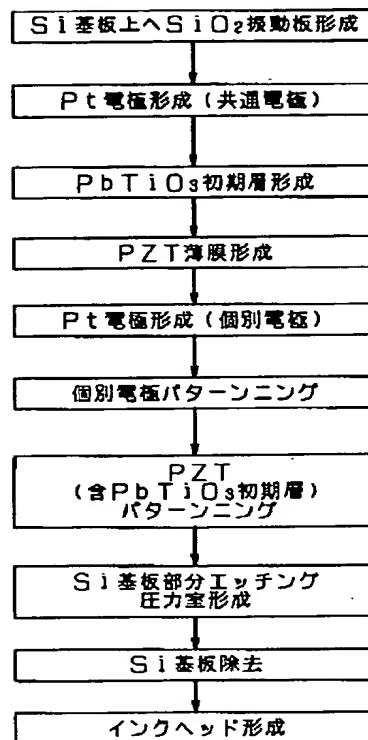
【図9】



【図10】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 鎌田 健

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内